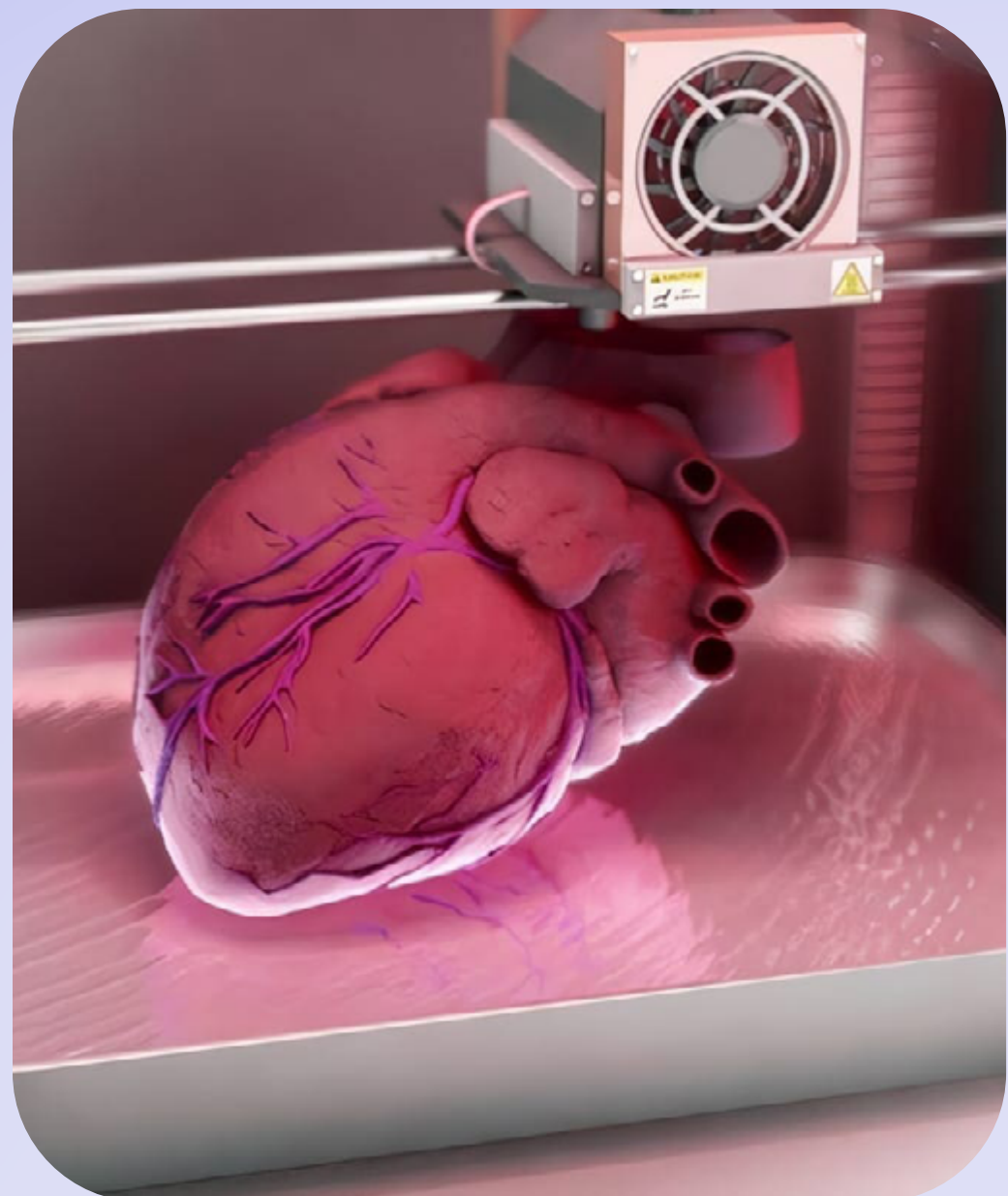


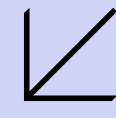
Bioimpresión 3D en medicina



JUN.2026



Bioimpresión 3D en medicina



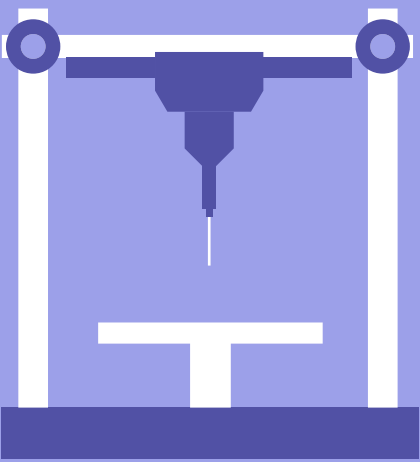
JUN.2026

La impresión en 3D, conocida como una técnica de manufactura aditiva aplicada a la medicina ha impactado a millones de vidas en ingeniería de tejidos y medicina regenerativa. La bioimpresión de órganos y tejidos actualmente son dirigidos hacia la terapia regenerativa de tejido musculoesquelético, piel, cartílago, riñón, pulmón, pancreático, urológico, etc. Por lo que sus aplicaciones son diversas en ingeniería de tejidos, cirugía reconstructiva, oftalmología, ortopedia, medicina regenerativa, pruebas de fármacos, modelos de enfermedad, modelos personalizados para investigación y medicina de precisión.

01

Los últimos avances revelan la integración de la bioimpresión en la medicina personalizada o *in situ*, que permite la deposición directa de células, biomateriales y factores bioactivos sobre órganos o tejidos dañados, eliminando la necesidad de construcciones en 3D prefabricadas. Por ejemplo, en investigación de terapias contra el cáncer se bioimprimen modelos en 3D para investigar los mecanismos moleculares de la oncogénesis, su desarrollo y respuesta al tratamiento.

02

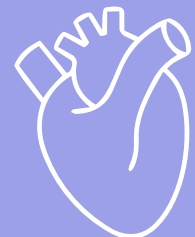
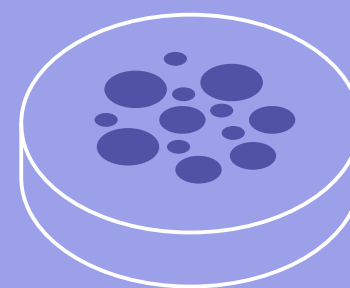


La bioimpresión (*bioprinting*) se define como la deposición simultánea de células vivas y materiales biocompatibles de forma precisa, capa por capa, utilizando procesos automatizados para fabricar estructuras de bioingeniería, estas son biotintas (*bioinks*) y/o biopolímeros que contienen células vivas y componentes de la matriz extracelular que pueden mimetizar tejido humano en distintos niveles de complejidad de células a órganos.

03

Por lo tanto, la tinta de las bioimpresoras 3D es viva y, en la mayoría de los casos está compuesta por células madre extraídas del propio paciente. Las etapas para la producción de tejidos humanos bioimpresos en 3D se ilustra en la figura 1.

04



Se habla de una bioimpresión en 4D cuando la bioimpresión posee propiedades que mimetizan el tejido para hacerlo dinámico y con capacidad de respuesta, como cambio de forma, autoensamble, autoreparación, hinchamiento u otra. Una quinta dimensión o 5D, aún en investigación, cuando las biotintas superan por mucho la resistencia mecánica y la geometría que ofrecen las estructuras en 3D.

05

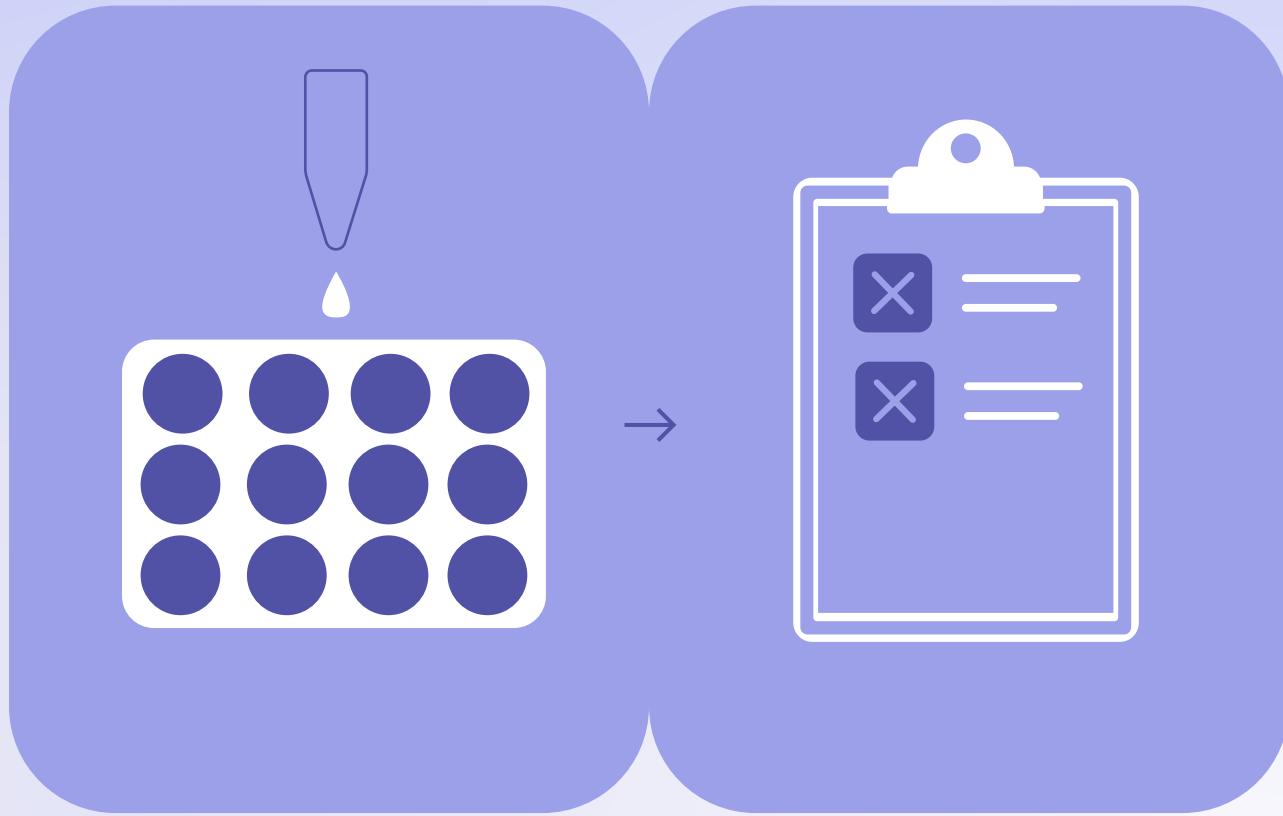
Una forma de medicina personalizada, para el tratamiento específico para el paciente es la novedosa bioimpresión *in situ*, la cual habilita la deposición directa de células, biomateriales y factores bioactivos sobre órganos y tejidos dañados, eliminando la necesidad de prefabricar estructuras en 3D.

06

Ventajas de la bioimpresión 3D

Producción personalizada, disminuye el riesgo de rechazo después del trasplante, acelera el proceso de regeneración tisular, conlleva un proceso de fabricación preciso con especificaciones exactas que sustituye la donación de órganos.

07



Limitaciones

Las técnicas de bioimpresión tradicional *in vitro* enfrentan dificultades para fabricar e implantar scaffolds con formas irregulares y la limitada accesibilidad para aplicaciones clínicas rápidas.

08

Proceso de *bioprinting* 3D para ingeniería de tejidos

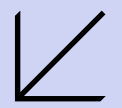


Figura 1. Proceso de bioimpresión 3D de tejidos humanos.

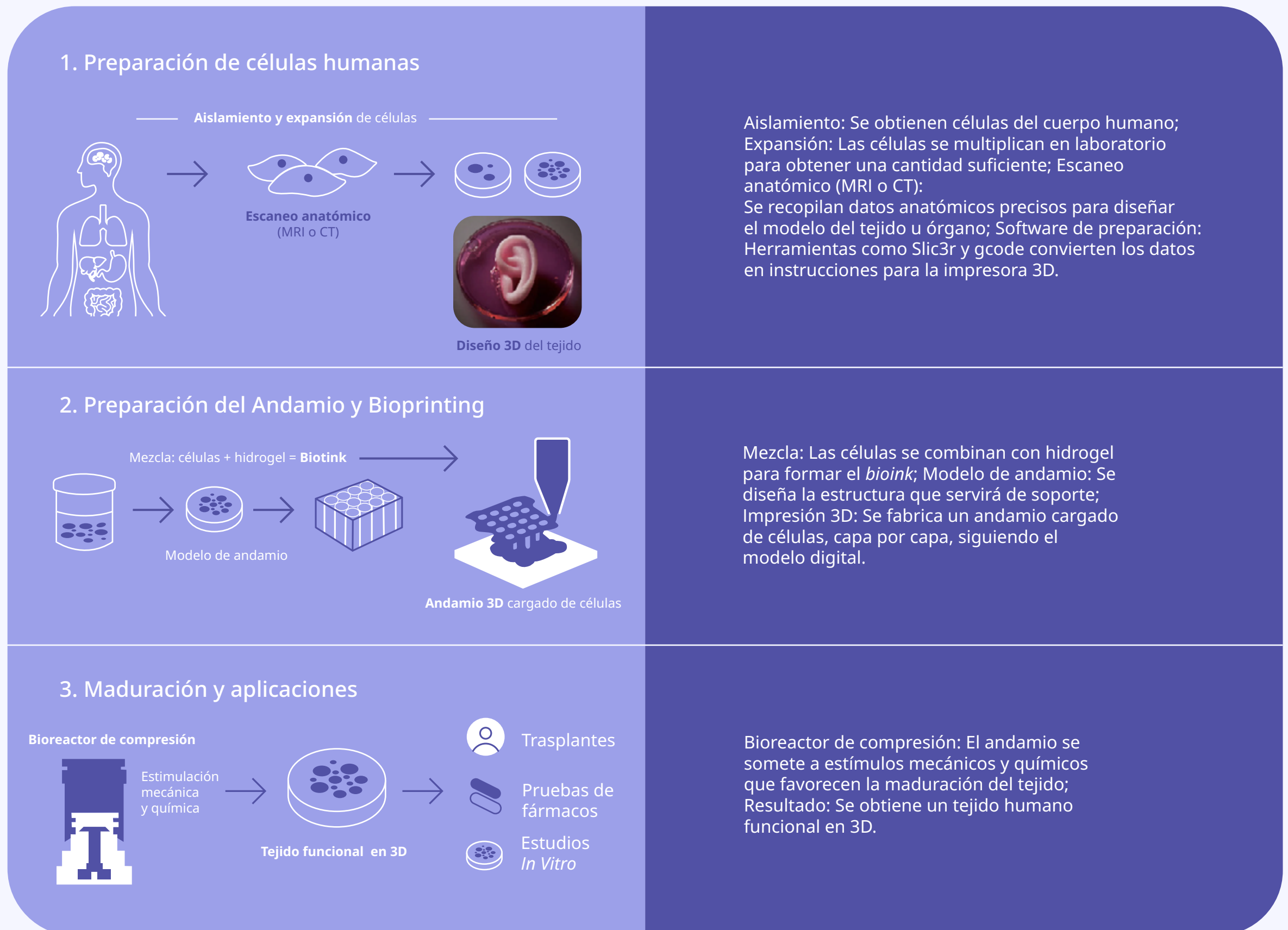
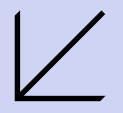


Imagen adaptada de: Zhang, J., Wehrle, E., Rubert, M., & Müller, R. (2021). 3D Bioprinting of Human Tissues: Biofabrication, Bioinks, and Bioreactors. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8), 3971. <https://doi.org/10.3390/ijms22083971>



Dependencia tecnológica de la bioimpresión



La bioimpresión depende de un software de diseño (por ejemplo: CAD o *SolidWorks*) que permita la creación del modelo en 3D o el modelo personalizado con la importación de datos desde la imagen de resonancia magnética (MRI) o tomografía computarizada (CT). El formato de este archivo, código g, guía a la impresora a depositar capa por capa a la biotinta. Las técnicas de bioimpresión permiten imprimir estructuras multicelulares complejas que imitan la arquitectura de tejidos naturales.

01

Los sistemas de bioimpresión se basan en tres estrategias principales: inyección de tinta, láser y extrusión; y nuevas tecnologías emergentes, ver Tabla 1. En éstas una plataforma controlada por un algoritmo lleva las boquillas hacia movimientos de tres ejes conforme a modelos de los tejidos en 3D.

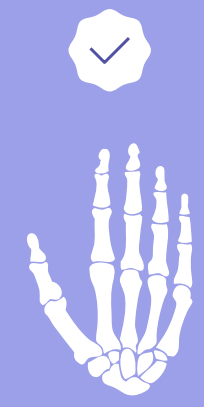
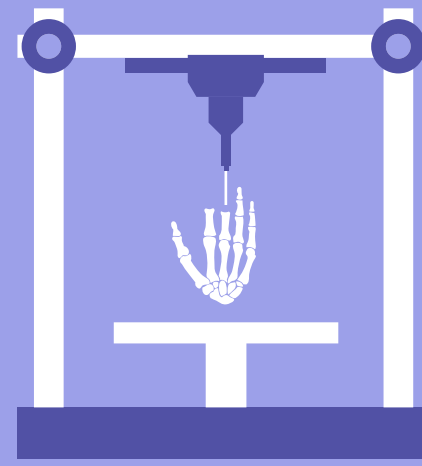
02

Tabla 1.
Tecnologías de bioimpresión

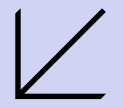
Tecnología (por su nombre en inglés)	Ventajas	Limitaciones	Biotintas típicas	Aplicaciones
Extrusion Bioprinting Deposición continua de biotinta a través de una boquilla mediante presión neumática, pistón o tornillo.	Compatible con biotintas viscosas, alta densidad celular, técnica más utilizada.	Menor resolución, posible estrés mecánico en células.	Hidrogeles viscosos (alginate, collagen, gelatin, GelMA).	Ingeniería de tejidos, piel, cartílago, hueso. Resolución: 100–300 µm
Inkjet Bioprinting Deposición de gotas de biotinta impulsadas por calor o piezoelectricidad.	Alta resolución, rápida, bajo costo.	Solo biotintas de baja viscosidad, riesgo de obstrucción.	Soluciones de baja viscosidad, células suspendidas.	Modelos celulares, microtejidos. Resolución: 20–100 µm
Laser-Assisted Bioprinting (LAB) Un pulso láser genera presión que transfiere microgotas de biotinta a un sustrato.	Alta precisión, no hay boquilla (sin obstrucción), buena viabilidad celular.	Equipos costosos, baja velocidad.	Hidrogeles y suspensiones celulares.	Microarquitecturas, tejidos complejos. Resolución: 10–50 µm
Stereolithography (SLA) / Photopolymerization Solidificación selectiva de bioresinas mediante luz UV o láser.	Alta resolución, superficies suaves, control preciso de geometría.	Limitación en biomateriales fotopolimerizables, posible toxicidad por UV.	GelMA, PEGDA, resinas fotocurables.	Microvasculatura, ingeniería tisular. Resolución: 25–100 µm
Microvalve Bioprinting Control de liberación de microgotas mediante válvulas mecánicas.	Control preciso de volumen de gotas, compatible con células.	Menor resolución que inkjet.	Hidrogeles de viscosidad media.	Patrones celulares. Resolución: 50–150 µm
Acoustic Bioprinting Uso de ondas acústicas para transferir gotas de biotinta.	Alta viabilidad celular, deposición sin contacto.	Tecnología emergente, limitada disponibilidad.	Suspensiones celulares.	Modelos celulares. Resolución: 20–100 µm

Para la bioimpresión *in situ* los dispositivos de bioimpresión con manos y brazos robóticos hacen procesos flexibles, aplicados a varios tipos de tejido piel, cabello, musculo, hueso, cartílago y tejidos compuestos.

04



Biotintas (*bioinks*)



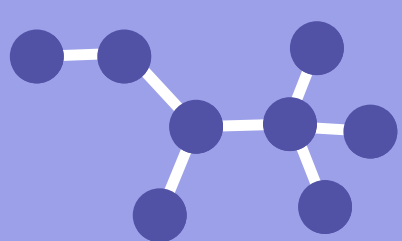
Las biotintas son el soporte, y de ellas depende la viabilidad celular y la estabilidad estructural para la formación del nuevo tejido. Las biotintas suelen contener células madre, hidrogeles (alginato, colágena, gelatina, etc.) y factores de crecimiento. Entre sus propiedades destacan la biocompatibilidad, biodegradabilidad, alta integridad mecánica y estabilidad dimensional. La capacidad de las bioimpresoras 3D para depositar biomateriales con precisión micrométrica en condiciones favorables a las células le da una ventaja sobre los enfoques convencionales basados en andamios, ya que muestra un control efectivo sobre la fabricación y distribución celular de los andamios¹.

01

La formulación de la biotinta permite la bioimpresión de las células vivas, factores de crecimiento y diferenciación, por lo que la selección de la biotinta marcará el éxito del tejido bioimpreso, ya que debe asegurar su funcionalidad a largo plazo con las propiedades físico-mecánicas y químicas que proporcionen los estímulos necesarios a células específicas.

¹ Zhang, J., Wehrle, E., Rubert, M., & Müller, R. (2021). 3D Bioprinting of Human Tissues: Biofabrication, Bioinks, and Bioreactors. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8), 3971. <https://doi.org/10.3390/ijms22083971>.

02



Huesos



Órganos

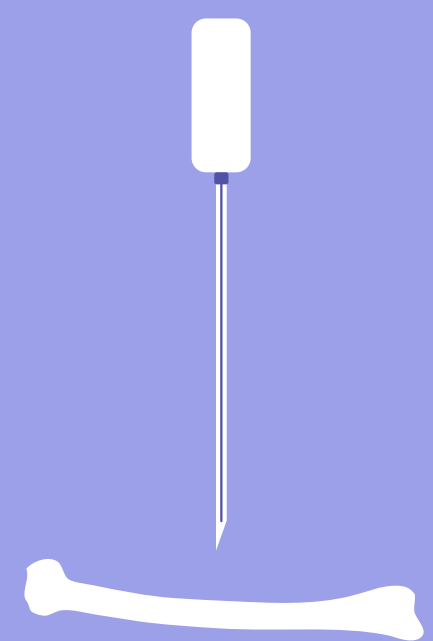
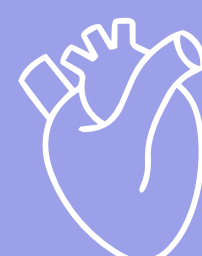
Los biopolímeros son polímeros naturales (gelatina, colágeno, fibronectina, alginato, quitosano, fibroína de seda y ácido hialurónico) o sintéticos (PEG, PCL, PLGA, PLA, etc.). Las ventajas de los polímeros naturales para aplicaciones de ingeniería de tejidos son su similitud con la matriz extracelular humana y su bioactividad inherente. Los polímeros sintéticos se pueden adaptar con propiedades físicas específicas a aplicaciones particulares.

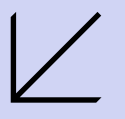
03

Para combinar las ventajas de los polímeros naturales y sintéticos, algunas biotintas son fabricadas por biomateriales híbridos que fusionan materiales naturales y sintéticos, como matrices descelularizadas provenientes de tejidos como cartílago, corazón y tejido adiposo que se solubilizan para bioimprimirse. Para la reticulación de los hidrogeles se emplean varios mecanismos: químico (compuesto iónico, pH), físico (temperatura, luz) y reticulación enzimática².

² Zhang, J., Wehrle, E., Rubert, M., & Müller, R. (2021). 3D Bioprinting of Human Tissues: Biofabrication, Bioinks, and Bioreactors. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8), 3971. <https://doi.org/10.3390/ijms22083971>.

04





Aplicaciones.

La bioimpresión para cirugía plástica y reconstructiva

El objetivo para este caso es restaurar la forma y la función en una amplia variedad de tejidos para la reparación de defectos. Entre los ejemplos más destacados se encuentra la bioimpresión de piel para el tratamiento de heridas. La fabricación mediante impresión tridimensional ofrece la ventaja de permitir una distribución espacial controlada de las células y la manipulación de los andamios para imitar la compleja estructura de la piel. La mayoría de los enfoques utilizan una combinación de queratinocitos y fibroblastos, con el fin de imitar las capas epidérmica y dérmica, respectivamente. El método de impresión 3D capa por capa permite obtener estructuras precisas para su posterior implantación³.

01

Un ejemplo de esta aplicación es el **APLICOR 3D** de Tides Medical una plataforma de bioimpresión 3D hiperpersonalizada que utiliza el propio tejido adiposo del paciente para crear injertos a medida para **heridas agudas y crónicas**. Con una sola aplicación, este sistema simplifica los procesos y acelera la cicatrización de las heridas.

La bioimpresión también puede aplicarse a la reconstrucción auricular y nasal, de la tráquea, de nervios periféricos, de venas y arterias, entre muchos otros.

³ Mirsky NA, et al. Three-Dimensional Bioprinting: A Comprehensive Review for Applications in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. *Bioengineering*. 2024; 11(8):777. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11080777>

02

Otro prospecto en desarrollo es la bioimpresión de **andamios óseos**. Este es el caso de **OsseoPrint 3D**, empresa que ha desarrollado una plataforma propia para diseñar e imprimir en 3D personalizados para cada paciente, destinados a intervenciones quirúrgicas de reconstrucción ósea rápidas y sencillas. Los cirujanos ortopédicos, dentales, estéticos y de otras especialidades pueden crear e implantar andamios óseos personalizados. En una primera etapa se pretende darle uso en implantes dentales.

03

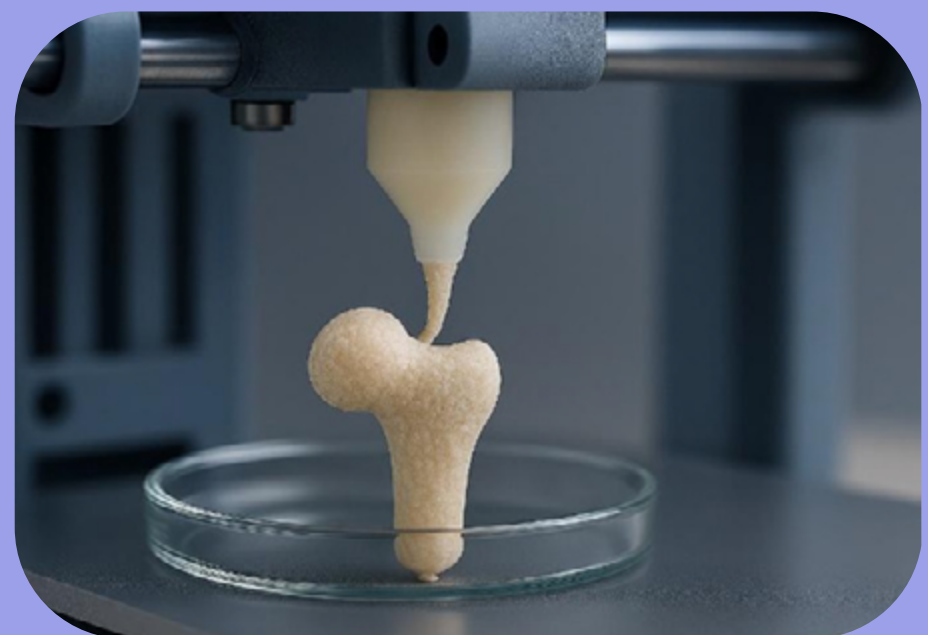


Figura 2. Andamio óseo. Imagen generada con IA

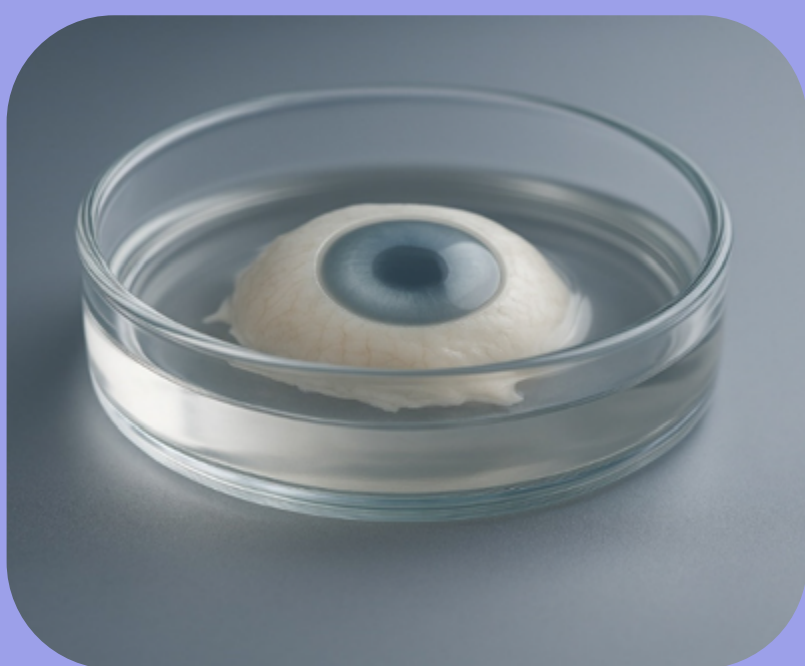
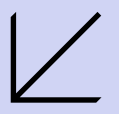


Figura 3. Cornéa bioimpresa. Imagen generada con IA.

Otro caso emblemático es la **reconstrucción de córneas**. A finales de octubre de 2025, la Unidad de Córneas del **Instituto Oftalmológico Rambam**, en Israel, llevó a cabo el primer trasplante del mundo de un implante corneal totalmente biofabricado en 3D a partir de células. La intervención se realizó en un paciente que padecía ceguera legal, lo que supuso la primera vez en la historia que se trasplantaba con éxito en un ser humano un implante corneal cultivado íntegramente a partir de células corneales humanas, en lugar de tejido de un donante. El implante fue fabricado por **Precise Bio**, una empresa israelí dedicada a la medicina regenerativa que desarrolla tejidos biofabricados avanzados utilizando células humanas y tecnología de impresión 3D.

04



La bioimpresión para el modelado de enfermedades

Otra aplicación importante de la bioimpresión es la creación de modelos avanzados de cultivo celular en 3D para la investigación y los ensayos farmacéuticos. Mediante la bioimpresión de células humanas en estructuras que imitan a los órganos, los científicos pueden obtener modelos más predictivos para la selección de fármacos, la progresión de enfermedades y la medicina personalizada⁴.

Entre las compañías que actualmente ofrecen este tipo de soluciones se encuentra **BICO** quien ofrece a las empresas farmacéuticas y biotecnológicas modelos 3D *in vitro*, una alternativa ética frente a los métodos tradicionales de investigación en el desarrollo de fármacos, la toxicología, la medicina regenerativa y otros campos.

01

Los modelos *in vitro* tridimensionales son estructuras biológicas cultivadas en laboratorio que imitan los tejidos humanos con mayor precisión que los cultivos bidimensionales tradicionales. Al combinar múltiples tipos de células en un entorno tridimensional, permiten la modelización predictiva de enfermedades, la evaluación de fármacos y el cribado de toxicidad, lo que reduce la dependencia de los modelos animales y mejora los resultados traslacionales en la investigación biomédica.

⁴ Antony Jose S, Evtimow A, Menezes PL. Advances in 3D Bioprinting: Materials, Processes, and Emerging Applications. *Micromachines*. 2026; 17(3):282. <https://doi.org/10.3390/mi17030282>

02



Figura 4. Modelo tumoral. Imagen generada con IA.

Un ejemplo particular aplicado a la investigación en cáncer es la empresa **Carcinotech** que ofrece modelos tumorales bioimpresos en 3D y que busca posicionar esta tecnología como referencia en el descubrimiento de fármacos y en las pruebas de medicina personalizada, lo que, en última instancia, mejora los resultados clínicos y las tasas de supervivencia de los pacientes.

03

Otra aplicación de la bioimpresión es la elaboración de chips de órganos microfluídicos, que proporciona un tejido tridimensional dentro del chip. Este es el caso de un desarrollo realizado por el **Wyss Institute** de la Universidad de Harvard. El desarrollo permite imprimir simultáneamente múltiples tipos de células en una estructura de "chip de órgano". Dentro de un molde de silicona personalizable, primero se imprime una rejilla de canales vasculares que contienen células endoteliales vivas en tinta de silicona, sobre la que se superpone una capa de tinta autosuficiente que contiene células madre mesenquimales (MSC) vivas. Tras la impresión, se utiliza un líquido compuesto por fibroblastos y matriz extracelular para rellenar los huecos, añadiendo así un componente de tejido conectivo que estabiliza aún más toda la estructura. Este esfuerzo ha dado como resultado el primer órgano totalmente impreso en 3D sobre un chip, "un corazón sobre un chip" con sensores de deformación blandos integrados.

04

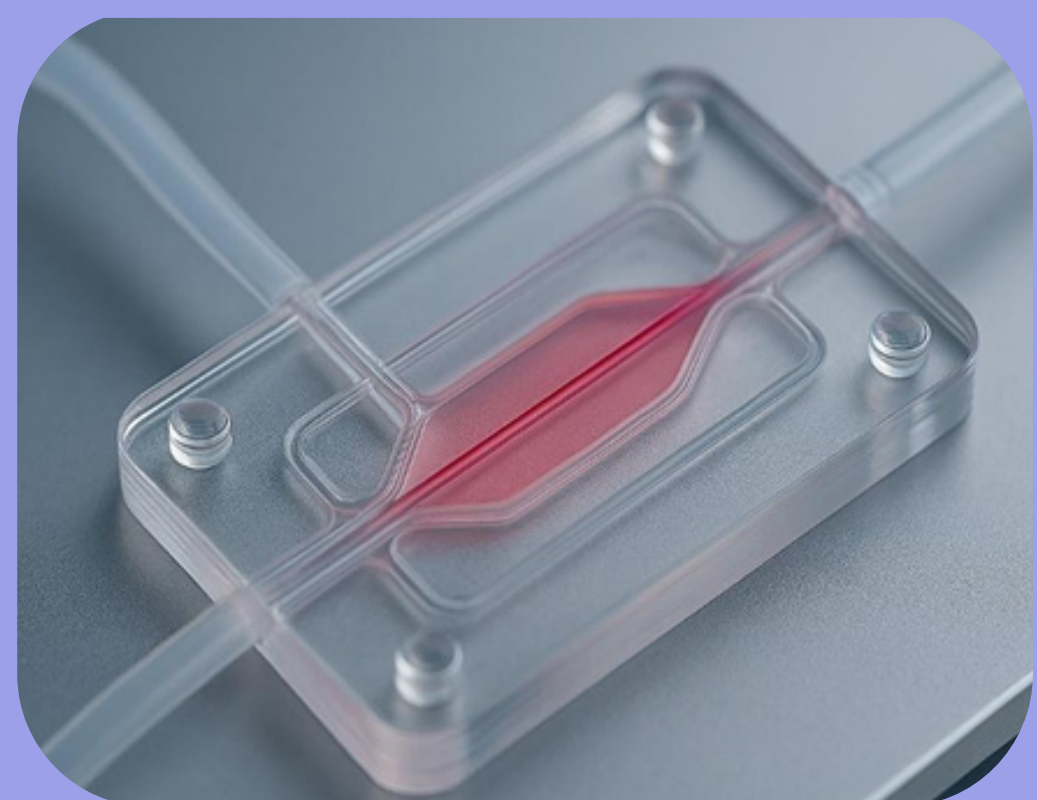
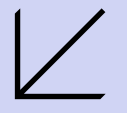


Figura 5. Órgano en chip. Imagen generada con IA.

Top de empresas dedicadas a la bioimpresión 3D



Empresa	Productos clave	Aplicación
Organovo, USA Crea modelos humanos de enfermedad inflamatoria intestinal (EII) utilizando nuevas tecnologías de tejido 3D y las utiliza para comprender, inventar y desarrollar las mejores terapias farmacológicas para la colitis ulcerosa y la enfermedad de Crohn. Bioimprime tejidos 3D que imitan aspectos clave de la biología y la enfermedad humana	Tejidos hepáticos fabricados por extrusión	Drug testing
BICO, Suecia Modelos 3D <i>in vitro</i> fabricados por bioimpresión para el modelado de enfermedades, el descubrimiento de fármacos y la medicina regenerativa	BIO X, utiliza tecnologías múltiples: luz, extrusión Ingeniería de tejidos para estudios predictivos y terapéuticos	Investigación
Allevi (3D Systems) USA De la familia 3D Systems en 2021 como parte del crecimiento estratégico de la compañía en bioimpresión avanzada y medicina regenerativa. Especializada en bioimpresoras y biotintas 3D	Allevi bioprinters, emplea extrusión	Académico
RegenHU, Suiza Provee instrumentos de bioimpresión y <i>software</i> SHAPER para cubrir necesidades personalizadas de biofabricación	3D Discovery, tecnología multimodal	Tejidos complejos
Aspect Biosystems, Canadá	RX1, utiliza microfluídica	Tejidos funcionales
Poietis, Francia Bioimpresión Asistida por Láser (LAB)	NGB-R, utiliza Laser-assisted	Piel bioimpresa

Marco normativo en dispositivos de bioimpresión 3D



A diferencia de otras industrias, la bioimpresión en el área médica debe cumplir con estrictos estándares de desempeño y seguridad *in vivo* antes de entrar al mercado.

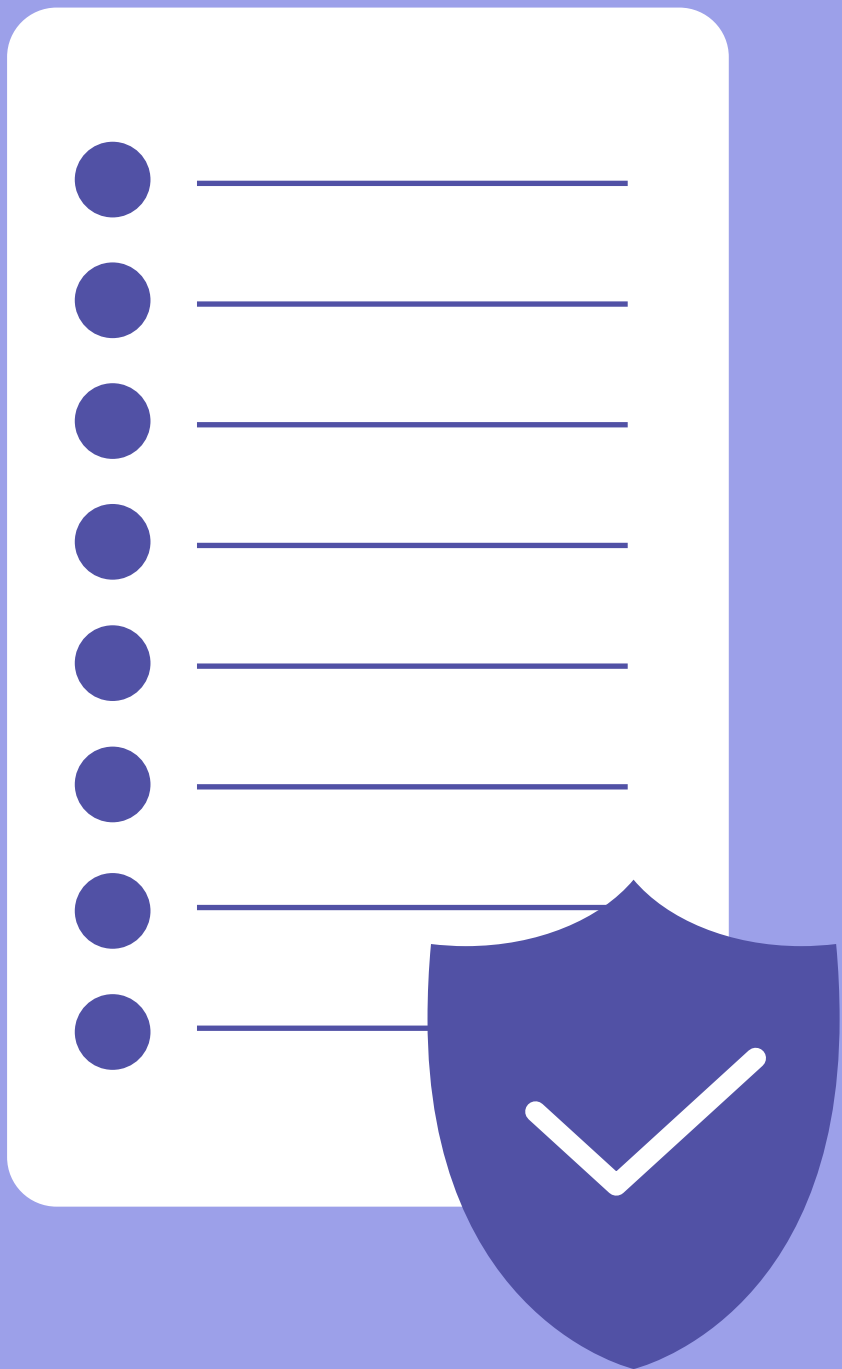
El marco normativo de la bioimpresión 3D en México, constituye un desafío significativo, ya que aún no existe una regulación específica que aborde esta tecnología. En este sentido, debido a que la bioimpresión integra diversos componentes como dispositivos médicos (*hardware* y *software*), biomateriales y biotintas, así como células humanas en el ámbito de la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa, su regulación se determina principalmente en función de su uso final.

Actualmente, su desarrollo y aplicación se enmarca en diversas disposiciones existentes en materia sanitaria. Entre las principales regulaciones aplicables se encuentran:

- Ley General de Salud, que establecen las bases para el control sanitario de insumos para la salud, incluidos los dispositivos médicos.
- Reglamento de Insumos para la Salud (RIS), en el cual se definen y regulan los dispositivos médicos, su clasificación y los requisitos para su autorización sanitaria.
- NOM-241-SSA1-2021, Buenas Prácticas de Fabricación de Dispositivos Médicos, que establece los lineamientos para garantizar la calidad, seguridad y eficacia en los procesos de fabricación.
- NOM-240-SSA1-2012, Instalación y Operación de la Tecnovigilancia, la cual establece los lineamientos para vigilancia de la seguridad de los dispositivos médicos durante su uso, incluyendo la detección, evaluación y prevención de eventos adversos.

01

02



Asimismo, la autoridad encargada de la regulación, control y vigilancia sanitaria es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

En Estados Unidos, la regulación de los dispositivos médicos producidos mediante impresión 3D está a cargo de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Debido a la naturaleza interdisciplinaria de esta tecnología, la supervisión regulatoria varía en función de las características del producto y su uso previsto.

En este contexto, los productos derivados de la impresión 3D pueden ser regulados por distintos centros especializados dentro de la FDA, entre los que destacan:

- Dispositivos médicos, supervisados por el Centro de Dispositivos y Salud Radiológica (CDRH), responsable de evaluar su seguridad y eficacia.

03

- Productos biológicos, regulados por el Centro de Evaluación e Investigación de Productos Biológicos (CBER), particularmente cuando involucran células, tejidos o componentes de origen biológico.
- Medicamentos, regulados por el Centro de Evaluación e Investigación de Medicamentos (CDER), en aquellos casos en que la impresión 3D se emplea para la fabricación de fármacos.

De esta manera, la regulación en Estados Unidos se basa en un enfoque funcional y basado en el riesgo, donde la clasificación del producto determina la autoridad competente y los requisitos aplicables.

04

Si deseas profundizar más en esta temática,
no dudes en contactarnos o en enviarnos tus comentarios.